

POPRAWA ELASTYCZNOŚCI SYSTEMU PRODUKCYJNEGO W WYNIKU SKRÓCENIA CZASÓW PRZEBROJEŃ MASZYN W BRANŻY DRZEWNEJ

Przemysław CHABOWSKI, Krzysztof ŻYWICKI, Paulina REWERS

Streszczenie: Artykuł przedstawia zagadnienia związane z metodyką szczupłego wytwarzania dotyczącą wpływu czasu przebrojeń na poprawę elastyczności produkcji. W artykule przedstawiono przypadek wdrożenia metody SMED, oraz jej wpływ na wzrost wskaźnika EPEI. Przedstawiono przykład usprawnienia przebrojenia w przedsiębiorstwie produkcyjnym z branży drzewnej. Pracę zakończono podsumowaniem, zawierającym kluczowe rezultaty wprowadzonych usprawnień.

Słowa kluczowe: Lean Manufacturing, elastyczność produkcji, SMED, doskonalenie procesów produkcyjnych, EPEI, przebrojenie.

1. Wprowadzenie

Sytuacja gospodarcza na ogólnoswiatowym rynku stawia współczesne przedsiębiorstwa produkcyjne pod naciskiem rosnących wymagań konkurencji. Nieustanna rywalizacja o klienta stwarza konieczność modernizacji istniejących systemów wytwarzania. Zmianie ulegają narzędzia pracy, metody wytwarzania, sposoby organizacji pracy. Konkurencyjność produkcji można określić parametrami dotyczącymi czasu produkcji, jakości i szybkiej reakcji na zmiany zapotrzebowania produkowanych wyrobów.

Takie uwarunkowania stwarzają możliwość tworzenia elastycznych rozwiązań produkcyjnych, dzięki którym przedsiębiorstwo konkurujące o klienta, zdolne jest wytwarzać szybko różne pozycje asortymentu przy stałej jakości.

Elastyczność produkcji wynika z elastyczności czynników technicznych, technologicznych i organizacyjnych, które kształtują jej postać zadaniową, specyfikę technologiczną i organizacyjną. Wyróżnia się trzy typy elastyczności [1]:

- technologiczną (dotyczy ona maszyn, wielkości produkcji, procesu technologicznego, marszrut technologicznych),
- organizacyjną (opisującą asortymenty produkcji, wielkość personelu przydzielonego do zleceń produkcyjnych, ograniczeń kolejnościowych),
- produkcyjną.

Wysoki poziom elastyczności, która może zostać osiągnięta przez stosowanie nowoczesnych systemów produkcyjnych i integrację informacyjną przyczynia się do [1]:

- minimalizacji czasów realizacji partii produkcyjnych, dzięki wysokiemu poziomowi autonomii, zarówno produkcyjnej jak i organizacyjnej,
- ograniczenia wielkości produkcji w toku dzięki synchronizacji (Just-In-Time),
- skrócenia czasu uruchomienia produkcji nowego asortymentu (minimalizacja czasów programowania i skracanie czasów przebrojeń oraz przestojów),
- stosowania systemów planowania i harmonogramowania zleceń produkcyjnych.

Czynniki te przekładają się na poprawę jakości produkowanych wyrobów i redukcję personelu obsługującego maszyny produkcyjne. Przedstawiony podział może zostać osiągnięty na poziomie pojedynczej maszyny (przebrojenie, programowanie) oraz na poziomie organizacyjnym całego systemu produkcyjnego (zarządzanie systemem, przygotowanie produkcji, harmonogramowanie) [2].

Elastyczność technologiczna dotyczy etapu produkowania wyrobów i jest ściśle związana z przygotowaniem procesu technologicznego oraz jego realizacją. Do głównych składników elastyczności technologicznej zalicza się [2]:

- elastyczność maszyn (zdolność systemu do produkowania elementów technologicznie podobnych),
- elastyczność wielkości produkcji (zdolność do ekonomicznego prowadzenia procesów technologicznych przy różnych licznosciach partii produkcyjnych, najmniej liczna partia określa jej poziom),
- elastyczność procesu technologicznego (dotyczy produkcji wyrobów tej samej klasy – podobieństwo technologiczno-konstrukcyjne, jej poziom określa koszt przygotowania produkcji, im niższy tym elastyczność wyższa),
- marszrut technologicznych (stosowanie w procesie technologicznym maszyn cechujących się zastępowalnością) [2].

Elastyczność organizacyjna dotyczy prac związanych z przygotowaniem produkcji, zarządzania zasobami ludzkimi. Rozumie się przez to:

- elastyczność asortymentu produkcji (zdolność do produkowania różnych wyrobów cechujących się podobieństwem technologicznym),
- elastyczność rozwoju technologicznego (rozumie się przez nią zdolność systemu produkcyjnego do przebudowy struktury technologicznej, wiąże się ona z rekonfiguracją przestrzeni pracy),
- elastyczność personelu (oznacza możliwość przeprowadzania procesów produkcyjnych przy zmiennej liczbie pracowników),
- elastyczność ograniczeń kolejnościowych (dotyczy możliwości wprowadzania zmian w kolejności wykonywania operacji technologicznych dla wybranej grupy wyrobów technologicznie podobnych) [2].

Elastyczność produkcyjna dotyczy ściśle różnorodności konstrukcyjno-technologicznej wytwarzanego asortymentu. Jest ona wypadkową elastyczności wszystkich jej składników. Największą trudnością przy zwiększaniu elastyczności produkcji jest uzyskanie wysokiej wydajności przy wieloasortymentowej produkcji[2].

2. Skracanie czasu przebrojeń w ujęciu elastyczności produkcji

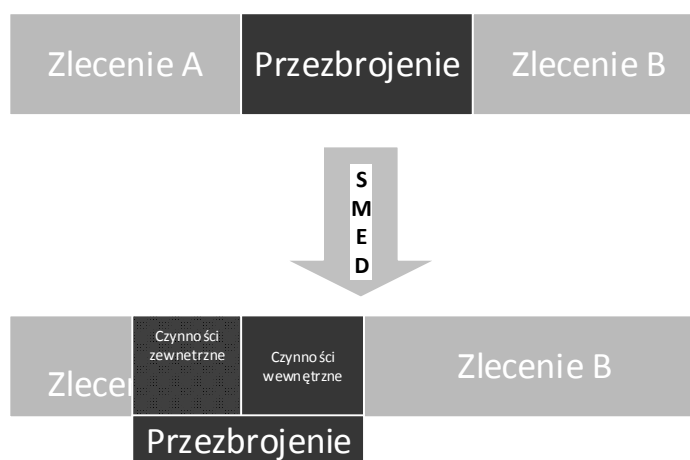
W celu poprawy elastyczności procesu technologicznego dla wyrobów produkowanych przez linie kompozytu (I i II) z uwagi na częstą zmianę asortymentu, zdecydowano się na podjęcie działań ukierunkowanych na skracanie czasów przebrojeń. Rozwiązanie takie pozwoli ograniczyć przestoje maszyn, które w ujęciu kosztowym traktowane są jako marnotrawstwo.

Koncepcja przebrojeń kilkuminutowych (ang. Single Minute Exchange of Die – SMED) wywodzi się z metodyki Lean Manufacturing. Twórcą metody SMED był Shingeo Singo, który propagował ideę szybkich przebrojeń od 1950 roku. Shingeo Shingo wyodrębnił cztery składowe poprawy procesu przebrajania maszyn:

- analiza stanu obecnego danego stanowiska produkcyjnego,

- rozdzielenie operacji przezbrojenia na wewnętrzne i zewnętrzne,
- przekształcenie operacji wewnętrznych w zewnętrzne,
- usprawnienie wszystkich aspektów przezbrojenia [3,4].

Kluczowym działaniem, umożliwiającym ograniczenie czasu przezbrojenia do minimum jest przekształcenie operacji wewnętrznych (takich, które odbywają się podczas postoju maszyny) w zewnętrzne (mogące zostać zrealizowane w trakcie pracy maszyny). Im więcej operacji zostanie zrealizowanych przed zakończeniem aktualnego zlecenia, tym krótszy będzie postój przezbrajanej maszyny. Działanie to w efekcie pozwala zwiększyć dostępność zasobu technicznego, co przekłada się na wzrost elastyczności procesu technologicznego.



Rys. 1. Koncepcja SMED

Jako miarę elastyczności produkcji przyjęto wskaźnik EPEI (Every Part Every Interval), który służy do reprezentacji częstości wytwarzania wyrobów w ramach ustalonego harmonogramu w danym przedziale czasowym. Wskaźnik ten zazwyczaj odzwierciedla interwał między kolejnymi cyklami produkcyjnymi. W celu zastosowania wskaźnika EPEI należy ustalić relacje pomiędzy wymaganiami klienta, a EPEI charakteryzującym proces wytwórczy.

3. Analiza stanu obecnego

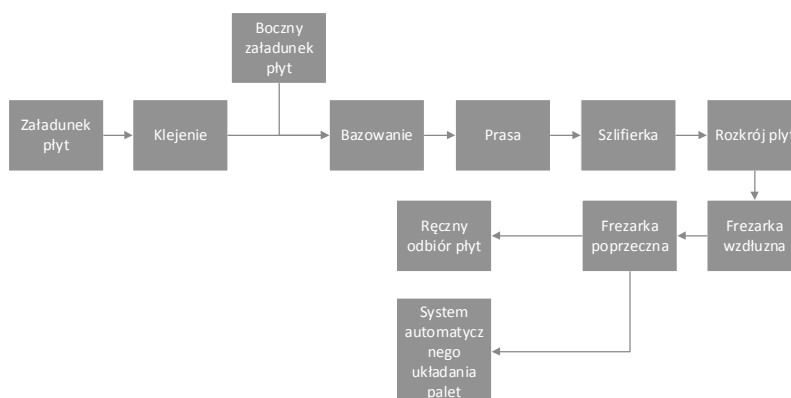
Zakład produkcyjny, w którym przeprowadzono badania, realizuje pracę w systemie czterobrygadowym. Na liniach kompozytów I i II pracuje dwóch operatorów (operator frezarek oraz operator klejenia), każdemu z nich pomaga młodszy stażem pracownik. W przypadku problematycznych przezbrojeń, wsparcia udzielają również mistrz produkcji i brygadziści.

Do zadań operatorów i ich pomocników należą:

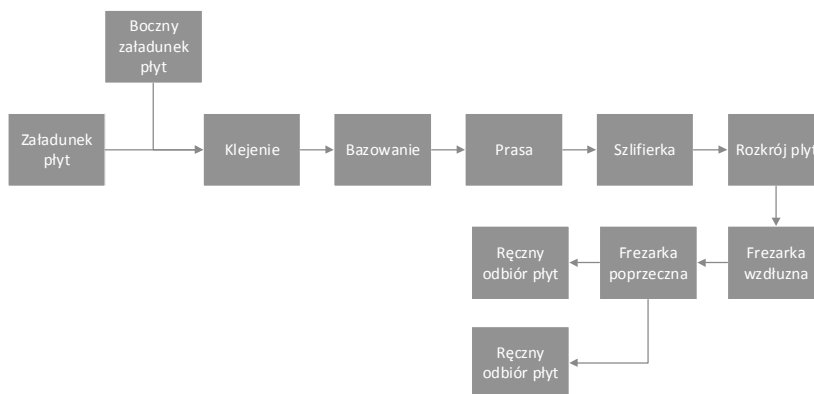
- załadunek półfabrykatu,
- kontrola dozowania kleju i szkła wodnego oraz czyszczenie dozowników,
- kontrola przebiegu procesu produkcyjnego i jego korekcje w przypadku pojawienia się zakłóceń,

- kontrola jakości płyt (pomiar przekątnej płyt, długości, grubości, kontrola wizualna),
- przebrojenie maszyn,
- konserwacja i czyszczenie maszyn podczas postojów.

W celu dokonania analizy linii produkcyjnych sporządzono charakterystyki procesów, które zostały przedstawione na rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. Charakterystyka procesu dla linii kompozytu nr 1



Rys. 3. Charakterystyka procesu dla linii kompozytu nr 2

Do zasobów wykorzystywanych w procesie produkcyjnym płyt na liniach kompozytu nr 1 i 2 zakwalifikowano:

- maszyny,
- półfabrykaty,
- środki wsadowe (klej, płynne szkło),
- środek transportu (wózek widłowy),
- pracowników (operatorzy i pomocnicy).

Analiza przeprowadzona na stanowiskach produkcyjnych pozwoliła na wytypowanie najważniejszych problemów dotyczących czasu przebrojeń linii kompozytów. Wytypowano następujące problemy:

- brak szkoleń dla operatorów,
- brak świadomości kosztowej pracowników,
- brak motywacji do doskonalenia metod pracy pracowników,
- brak sprecyzowanego sposobu przepływu informacji pomiędzy pracownikami produkcyjnymi,
- brak wyprzedzenia czasowego o zmianie asortymentu,
- brak odpowiednich narzędzi do pracy,
- duża odległość pomiędzy przebrajanymi maszynami a magazynem narzędzi,
- linie niezautomatyzowane,
- brak unifikacji frezów stosowanych w obróbce (różni producenci, różne sposoby mocowania),
- brak podziału operacji przebrojenia na wewnętrzne i zewnętrzne.

Powyższe rodzaje marnotrawstwa pozwoliły na wytypowanie dwu kategorii pomiaru czasów przebrojeń:

- kategoria 1: zmiana ustawień, polegająca na zmianie wymiarów obrabianej płyty oraz na korekcie położenia uchwytów obróbkowych;
- kategoria 2: zmiana ustawień oraz frezów, polega ona na korekcie uchwytów oraz wymianie narzędzia.

Dane dotyczące czasu trwania przebrojeń obu linii otrzymano dzięki obserwacji stanowisk pracy podczas przebrojeń oraz arkusiom uzupełnianym przez operatorów po zakończeniu przebrojenia. W celu weryfikacji wprowadzanych danych w arkuszu, raz w miesiącu przeprowadzane były obserwacje wizualne przebrojeń.

Dane zebrane podczas wizualnych obserwacji przebrojeń na analizowanych stanowiskach produkcyjnych oraz nagrania filmowe posłużyły ustaleniu wpływu poszczególnych czynników na czas przebrojeń.

Tab. 1. Czasy przebrojeń linii kompozytu nr 1

Czas pomiaru	Linia kompozytu nr 1			
	Liczba przebrojeń (kategoria 1)	Zmiana ustawień	Liczba przebrojeń (kategoria 2)	Zmiana ustawień oraz frezów
1 dzień	7	65 minut	17	152 minuty

Tab. 2. Czasy przebrojeń linii kompozytu nr 2

Czas pomiaru	Linia kompozytu nr 2			
	Liczba przebrojeń (kategoria 1)	Zmiana ustawień	Liczba przebrojeń (kategoria 2)	Zmiana ustawień oraz frezów
1 dzień	19	61 minut	20	127 minut

W celu określenia miary projektu obliczono wskaźniki EPEI dla obu linii produkcyjnych. Wskaźnik możliwej liczby przebrojeń obliczony został dla 7 dni, a wyniki przedstawiono w tabelach 3 i 4.

Tab. 3. Wskaźnik EPEI – kompozyt I

Możliwa liczba przebrojeń KOMPOZYT I – 7 dni					
		Grupy wyrobów			Suma
		I	II	III	
A	Średnie zapotrzebowanie w okresie [szt.]	23 418	10 715	528	34 661
B	Czas cyklu [sek.]	16	15	6	37
C	Czas realizacji zapotrzebowania [min.]	6 245	2 679	53	8 976
D	Czas pracy w okresie [min.]	10 080			10 080
E	Zaplanowane przerwy [min.]	0			0
F	Efektywność [%]	73			73
G	Czas efektywny [min.]	7 358,4			7 358,4
H	Dostępny czas na przebrojenia [min.]	-			1618
I	Średni czas przebrojenia [min.]	127			127
J	Możliwa liczba przebrojeń w okresie	-			13
WSKAŹNIK EPEI					6,54

Tab.4. Wskaźnik EPEI – kompozyt II

Możliwa liczba przebrojeń KOMPOZYT II – 7 dni					
		Grupy wyrobów			Suma
		I	II	III	
A	Średnie zapotrzebowanie w okresie [szt.]	23 618	7 668	4 288	34 661
B	Czas cyklu [sek.]	11	18	25	37
C	Czas realizacji zapotrzebowania [min.]	4 330	2 300	1 787	8417
D	Czas pracy w okresie [min.]	10 080			10 080
E	Zaplanowane przerwy [min.]	0			0
F	Efektywność [%]	65			65
G	Czas efektywny [min.]	6 552			6 552
H	Dostępny czas na przebrojenia [min.]	-			1 865
I	Średni czas przebrojenia [min.]	95			95
J	Możliwa liczba przebrojeń w okresie	-			20
WSKAŹNIK EPEI					5,6

Przeprowadzona analiza pozwoliła wytypować czynniki krytyczne, mające wpływ na długość czasu przebrojenia (Tab. 5).

Tab. 5. Wykaz czynników krytycznych

Lp.	Wykaz czynników krytycznych	
	Kompozyt I	Kompozyt II
1	Demontaż frezów	Korekta bazowania płyt
2	Korekta ustawień bazowania	Korekta ustawień frezów
3	Korekta ustawień frezarek	Korekta ustawienia frezarek
4	Dojazd materiału podajnikami taśmowymi	Demontaż frezów
5	Montaż frezów	Pomiary kontrolne płyt
6	Pomiary kontrolne płyt	Montaż frezów
7	Demontaż osłon frezów	Dojazd frezarek

cd. Tab. 5.

8	Montaż osłon frezów	Transport narzędzi pomiędzy frezarkami
9	Transport narzędzi pomiędzy frezarkami	Montaż osłon frezów
10	Zatrzymanie awaryjne linii	Dojazd materiału podajnikami taśmowymi
11		Demontaż instalacji odpylającej
12		Korekta ustawień podajnika płyt

Analiza przebrojeń pozwoliła również na określenie czasu trwania poszczególnych operacji oraz ich identyfikację w ujęciu wewnętrznym i zewnętrznym (Tab. 6 i 7).

Tab. 6. Analiza pozyskanych danych dla linii kompozytu 1

Przebrojenie KOMPOZYT 1				
Lp.	Opis czynności	Czas [min.]	Ilość osób zaangażowanych	Operacja zew./wew.
1	Demontaż frezów	20:00	1	W
2	Korekta ustawień bazowania	16:00	2	W
3	Korekta ustawień frezarek	08:30	2	W
4	Dojazd materiału	07:20	1	W
5	Montaż frezów	06:58	1	W
6	Pomiary kontrolne płyt	06:32	1	Z
7	Demontaż osłon frezów	06:00	1	W
8	Założenie osłon frezów	04:30	1	W
9	Przenoszenie narzędzi między frezarkami	03:00	2	Z
10	Zatrzymanie linii	02:00	1	W
11	Uruchomienie instalacji dozowania kleju PUR	02:00	1	W
12	Korekta ustawień podajnika płyty na załadunku	01:50	1	W
13	Przejazd pierwszych płyt	01:32	2	W
14	Zdjęcie węży	01:30	1	W
15	Korekta ustawień bazowania na transporterze piły	01:30	1	W
16	Załączenie dyszy z klejem i szkłem	01:30	2	W
17	Przyniesienie narzędzi do pracy	01:20	2	Z
18	Dostarczenie palety z nowym półfabrykatem	01:20	1	Z
19	Opuszczanie pił	01:10	1	W
20	Doniesienie frezów	02:00	1	Z
21	Ustawienie szlifierki	01:00	2	W
22	Wypuszczenie pierwszych płyt (próby)	00:50	1	W
23	Kontrola wymiarów po cięciu na piłach	00:50	2	Z
24	Ustawienie licznika płyt	00:50	1	W
25	Korekta ustawień podajnika przed szlifierką	00:40	1	W

cd. Tab. 6.

26	Zmiana ustawień prędkości podajników	00:40	1	W
27	Korekta ustawień dozownika szkła	00:30	1	W
28	Uruchomienie napędów	00:30	1	W

Tab. 7. Analiza pozyskanych danych dla linii kompozytu 2

Przebrojenie KOMPOZYT 2				
Lp.	Opis czynności	Czas [min.]	Ilość osób zaangażowanych	Operacja zew./wew.
1	Dostarczenie palety z nowym asortymentem	00:40	1	Z
2	Zatrzymanie linii	01:04	1	W
3	Ustawienie licznika płyt	00:46	1	W
4	Korekta ustawień kleju	01:27	1	W
5	Impregnacja olejem dysz dozujących klej	00:56	1	W
6	Przyniesienie narzędzi do pracy	00:40	1	Z
7	Korekta ustawień bazowania	15:46	2	W
8	Załączenie dysz z klejem	00:56	1	W
9	Ustawienie szlifierki	01:12	2	W
10	Zdjęcie papieru ściernego z dolnego wału szlifierki	01:06	2	W
11	Zmiana ustawień prędkości transporterów	00:36	2	W
12	Korekta ustawień podajnika płyty na załadunku	02:03	2	W
13	Załączenie napędów	00:16	1	W
14	Korekta ustawień podajnika płyty na załadunku	00:56	1	W
15	Opuszczenie pił	01:00	1	W
16	Przejazd pierwszych płyt	00:46	1	W
17	Pomiary kontrolne płyt po piłach	00:49	2	Z
18	Korekta ustawień baz na transporterze z płytami	01:26	1	W
19	Demontaż osłon frezarek	00:45	1	W
20	Demontaż osłon frezów	03:20	1	W
21	Zdjęcie węży	02:50	1	W
22	Demontaż frezów	08:26	1	W
23	Zmiana przekładek frezów (korekta frezów)	13:15	1	W
24	Doniesienie frezów na frezarkę wzdłużną	03:55	1	Z
25	Przenoszenie narzędzi między frezarkami	02:00	1	Z
26	Montaż frezów	05:05	1	W
27	Założenie osłon frezów	03:50	1	W
28	Dojazd gąsienicami	04:35	1	W

cd. Tab. 7.

29	Dojazd górnymi gąsienicami	03:50	1	W
30	Wypuszczenie pierwszych płyt	00:30	1	W
31	Korekta ustawień frezarek	08:34	1	W
32	Pomiary kontrolne płyt	05:10	1	Z
33	Korekta ustawień frezarek	01:50	1	W

4. Doskonalenie procesu przezbrajania linii kompozytów

Analiza przeprowadzona na stanowiskach produkcyjnych pozwoliła na wytypowanie najważniejszych problemów dotyczących czasu przezbrojeń linii kompozytów. W celu doskonalenia procesu przezbrajania utworzono harmonogram wdrożeń i usprawnień, którego składowe przedstawione zostały w tabeli 8.

Tab. 8. Harmonogram wdrożenia

HARMONOGRAM WDROŻENIA		
Lp.	Zadania	Osoby odpowiedzialne
1	Zakup frezów ścinowych	kierownik obszaru
2	Zakup uniwersalnych frezów na płyty	kierownik obszaru
3	Zakup dwóch specjalistycznych kompletów frezów	kierownik obszaru
4	Wymiana silnika na frezarce	kierownik obszaru
5	Modyfikacja korb	kierownik obszaru
6	Opracowanie scenariusza przezbrojeń	operatorzy, koordynatorzy SMED
7	Regularne treningi	koordynatorzy SMED
8	Utworzenie miejsca składowania frezów w obrębie obu linii	kierownik obszaru
9	Wypracowanie standardów pracy: - pomoc operatorów pomiędzy liniami, - harmonogram sprzątnięcia stanowisk pracy, - harmonogram konserwacji i przeglądów maszyn	kierownik obszaru, mistrz produkcji
10	Zapewnienie niezbędnych narzędzi do przezbrojeń	mistrz produkcji
11	Modyfikacja klatek ochronnych	kierownik obszaru
12	Przygotowanie podestów dla operatorów	mechanik działu produkcji kompozytów
13	Wdrożenie systemu 5S wspomagającego program SMED	koordynatorzy

W celu usprawnienia przezbrojeń zmodyfikowano długość korby stosowanej do regulacji ustawień frezarek oraz zamontowano pistolety do przedmuchu przy stanowiskach produkcyjnych. Analiza wykazała, iż spory udział czasu przezbrojeń przypada na regulację oraz korekty ustawień. W celu ich skrócenia zastosowano podziałki na regulatorach wysokości oraz ograniczniki dosuwu dla frezarek. W celu zwiększenia efektywności pracy podczas przezbrojenia zdecydowano się na modyfikację klatek ochronnych, które podczas postoju maszyny utrudniają przezbrojenia. Dodatkowo wdrożona metoda 5S pozwoliła na zaoszczędzenie czasu traconego na poszukiwanie narzędzi oraz wypracowanie standardów dotyczących utrzymania obu linii w czystości.

Celem ograniczenia czynności wewnętrznych opracowano i wdrożono standard czynności wykonywanych podczas przebrojenia, który przedstawia tabela 9.

Tab. 9. Scenariusz przebrojenia

Lp.	Czynność	Osoba odpowiedzialna	Sposób wykonania
1	Przynieść skrzynkę z narzędziami	operator	pobrać z szafki
2	Włączyć frezarki	operator	przycisk na panelu
3	Otworzyć osłony	operator i pomocnik	ręcznie
4	Zdjąć osłony strony 1	operator	ręcznie (klucz)
5	Oczyścić maszyny powietrzem	operator	ręcznie, sprzężone powietrze
6	Zdjąć osłony strony 2	pomocnik	ręcznie (klucz)
7	Oczyścić maszyny powietrzem	pomocnik	ręcznie, sprzężone powietrze
8	Wymienić frezy - strona 1	operator	narzędzia ze skrzynki (klucz płaski), korba
9	Wymienić frezy - strona 2	operator	narzędzia ze skrzynki (klucz płaski), korba
10	Założyć osłony – strona 1	pomocnik	ręcznie (klucz)
11	Założyć osłony – strona 2	pomocnik	ręcznie (klucz)
12	Ustawienie szerokości łańcucha napędzającego transporter	operator	miara, korba, ręcznie
13	Ustawienie zabieraka przed frezarką	operator	ręcznie (klucz)
14	Oczyszczenie posadzki z wiórów i pyłu	pomocnik	miotła, szufelka
15	Ustawienie prędkości linii	operator	szafa sterownicza
16	Uruchomienie frezarek	operator	panel sterujący
17	Frezowanie	operator	kontrola wzrokowa
18	Pomiary kontrolne	operator	miarę przekątnej, miara, stół pomiarowy
19	Ustawienie prędkości wypychacza	operator	panel sterujący
20	Pomiary kontrolne	operator	miarę przekątnej, miara, stół pomiarowy
21	Uruchomienie produkcji	operator i pomocnik	panel sterujący

5. Wnioski

Wypracowane rozwiązania związane ze skracaniem czasu przebrojeń pozwoliły na zmniejszenie wartości wskaźnika EPEI, który przed implementacją SMED wynosił 6,54 dla linii kompozytu 1 oraz 5,6 dla linii kompozytu 2. Wyniki przedstawione w tabelach 10 i 11 przedstawiają nowe wartości wskaźnika EPEI dla obu linii produkcyjnych.

Tab. 10. Wskaźnik EPEI – kompozyt I

Możliwa liczba przebrojeń KOMPOZYT I – 7 dni							
		Grupy wyrobów					
		I	II	III	IV	V	Suma
A	Średnie zapotrzebowanie w okresie [szt.]	6 552	5 846	5 396	1 743	616	20 153
B	Czas cyklu [sek.]	10	6	10	10	10	46
C	Czas realizacji zapotrzebowania [min.]	1 092	585	899	291	103	2 969
D	Czas pracy w okresie [min.]	10 080					10 080
E	Zaplanowane przerwy [min.]	0					0
F	Efektywność [%]	72					72
G	Czas efektywny [min.]	7 257,6					7 257,6
H	Dostępny czas na przebrojenia [min.]	-					4 289
I	Średni czas przebrojenia [min.]	35					35
J	Możliwa liczba przebrojeń w okresie	-					123
WSKAŹNIK EPEI							0,83

Tab. 11. Wskaźnik EPEI – kompozyt II

Możliwa liczba przebrojeń KOMPOZYT II – 7 dni							
		Grupy wyrobów					
		I	II	III	IV	V	Suma
A	Średnie zapotrzebowanie w okresie [szt.]	18 577	14 293	3 788	154	112	36 924
B	Czas cyklu [sek.]	7	13	47	6	11	84
C	Czas realizacji zapotrzebowania [min.]	2 167	3 097	2 967	15	21	8 367
D	Czas pracy w okresie [min.]	10 080					10 080
E	Zaplanowane przerwy [min.]	0					0
F	Efektywność [%]	66					66
G	Czas efektywny [min.]	6 652,8					6 652,8
H	Dostępny czas na przebrojenia [min.]	-					1 615
I	Średni czas przebrojenia [min.]	35					35
J	Możliwa liczba przebrojeń w okresie	-					46
WSKAŹNIK EPEI							3,93

Dzięki implementacji metody SMED osiągnięto spadek czasów przebrojeń o 50%. Efekt ten przekłada się na wzrost elastyczności produkcji, który obrazuje spadek wartości EPEI o 87% (linia kompozytu I) i 30% (linia kompozytu II). Efekty przeprowadzonych usprawnień w kolejnych miesiącach przedstawione zostały w tabeli 12. Widoczny jest znaczący spadek czasów przebrojeń w porównaniu z okresem przed wdrożeniem oraz wzrost ich liczby, który odzwierciedla wpływ metody SMED na elastyczność produkcji.

Tab. 12. Wpływ metody SMED na czas i liczbę przebrojeń w kolejnych okresach

Miesiąc	Linia kompozytów I				Linia kompozytów II			
	Zmiana ustawień		Zmiana ustawień oraz frezów		Zmiana ustawień		Zmiana ustawień oraz frezów	
	Czas [min.]	Liczba przebrojeń	Czas [min.]	Liczba przebrojeń	Czas [min.]	Liczba przebrojeń	Czas [min.]	Liczba przebrojeń
PRZED:	65	7	152	17	61	19	127	20
03.2014	36	7	86	9	34	13	80	14
04.2014	19	18	54	25	18	26	53	36
05.2014	19	13	55	24	20	21	55	24
06.2014	24	19	51	19	17	20	60	35
07.2014	20	8	48	22	13	21	45	26
08.2014	15	14	52	22	18	38	53	41
09.2014	22	14	48	27	15	35	58	45
10.2014	19	28	50	33	15	31	48	53
11.2014	16	31	55	26	16	31	57	53
EFEKT:	- 75%	+34%	-67%	+53%	-73%	+63%	-55%	+165%

Literatura

1. Sawik T.: Optymalizacja dyskretna w elastycznych systemach produkcyjnych. Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 1992.
2. Kost G., Łebkowski P., Węsierski Ł.: Automatyizacja i robotyzacja procesów produkcyjnych. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2013.
3. Womack J. P., Jones D.T.: Odchudzanie firm. Eliminacja marnotrawstwa – kluczem do sukcesu. Centrum Informacji Menadżera, Warszawa 2001.
4. Moreira A.C., Campos Silva Pais G.: Single Minute Exchange of Die: A Case Study Implementation. Journal of Technology Management and Innovation, 2011, pp. 29-46
5. Czerna J.: Doskonalenie strumienia wartości. Wydawnictwo Difin, Warszawa 2009.

Mgr inż. Przemysław CHABOWSKI

Mgr inż. Paulina REWERS

Dr inż. Krzysztof ŻYWICKI

Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji

Politechnika Poznańska

61-138 Poznań, ul. Piotrowo 3

tel./fax: (0-61) 647 59 91

e-mail: przemyslaw.chabowski@doctorate.put.poznan.pl

paulina.h.rewers@doctorate.put.poznan.pl

krzysztof.zywicki@put.poznan.pl